

# Makina Elektrikoak

## 2. Praktika

**Motor Asinkronoa**

Unai Martinez Corral

Bilboko IITUE

2009-04-05

# Aurkibidea

1. HELBURUAK.....	1
2. OINARRI TEORIKOAK.....	2
2.1 Oinarrizko kontzeptuak.....	2
2.2 Ezaugarri xafla eta konexio trifasikoak.....	2
2.3 Abiadurak eta irristaketa.....	2
2.4 Motorearen zirkuitu baliokidea.....	3
2.4.1 Estatorearen erresistentziaren neurketa.....	5
2.4.2 Hutseko saiakuntza.....	5
A) Burdin galerak bakarrik kontuan izanda.....	6
B) Burdin galerak eta marruskadura galerak kontuan izanda.....	7
D) Burdin, marruskadura eta kobreaken galerak kontuan izanda .....	8
2.4.3 Errotore blokeatuko saiakuntza.....	8
3. PROZEDURAREN LABURPENA.....	10
3.1 Hutseko saiakuntza.....	10
3.2 Errotore blokeatuko saiakuntza.....	10
4. ERABILITAKO TRESNAK ETA ELEMENTUAK.....	11
5. EMAITZAK ETA KONKLUSIOA.....	12
LIZENTZIA ETA AITORPENAK.....	15

## 1. HELBURUAK

Transformadorea, energia elektrikoak bihurtzeko makina, aztertu ostean, bigarren makina honen funtzionamendua aztertzea dugu praktika honen helburua, ezagutu eta erabiltzen jakiteko.

Aurreko praktikan egin bezala, honetan ere makinaren zirkuitu baliokidea irudikatzeko zenbait parametroen balioak aurkitzea izango dugu xede, eta bi muntaia ezberdin erabiliko ditugu horretarako. Laburbilduz, eta era eskematikoan aurkeztearren, hauek lirateke helburuak:

- Motor asinkronoa ezagutu eta erabili.
- Motor asinkronoaren hutseko eta errore blokeatutako saiakuntzak ikasi.
- Motor asinkronoaren eskema baliokidean lortutako parametroak determinatu.
- Magnitude elektrikoak neurketen ezagutzak aplikatu eta eskema elektrikoak muntai eta garapenak landu.
- Burdin galaren potentzia eta potentzia mekanikoa erlazionatzen dituen grafikoa



## 2. OINARRI TEORIKOAK

### 2.1 Oinarrizko kontzeptuak

"Indukzio makina" izena ere hartzen duten korrante elektriko mekanikoa bihurtzeko makina hauetan hiru osagai nagusi aurkitu ditzakegu: estatorea, errotorea eta horien arteko burdin artekoa.

Lehenengoa, estatorea, aldi finkoa dugu, altzairuzko xaflekin eratutakoa. Bertan, eremu magnetiko birakaria sortzen da, gure kasuan, hiru harilketen bitartez, trifasikoa baitugu motorea.

Bigarrena, errotorea, pieza higikorra dugu. Estatorearen eremu magnetikoaren barruan dago eta energia mekanikoa transferitu nahi diogun elementuari lotuta agertzen da funtzionamendu arruntean. Bi motatakola izan daiteke elementu hau: urtxintxa kaiolakoa -kanpo konexio elektrikorik gabekoa- edo harilkatuta -kanpo konexioen beharra du-. Erabiltzerako orduan, eta eskuartean zein motatakola dugun ez badakigu, borne kopuruari begira diezaiokegu dudak uxatzeko. Urtxintxa kaiolako errotorea duen motore trifasikoak, kanpo konexiorik behar ez duenez, sei borne izango ditu. Harilkatuak, aldiz, bederlatzi.

### 2.2 Ezaugarri xafla eta konexio trifasikoak

Motor asinkrono baten ezaugarri xaflan tentsio, potentzia, frekuentzia, errotorearen abiadura eta beste hainbat ezaugarrien balio izendatuak aurkituko ditugu. Trifasikoa izanda, ezaugarri batzuetan baliteke balio bat baino gehiago aurkitzea. Kasu horretan, konexio motaren arabera balioak izango ditugu. Tentsio altueneko egoera izarrean konektatutakoan izango dugu,  $U_L = U_f \cdot \sqrt{3}$  baitugu. Ondorioz, korrantea baxuagoa izango da. Triangeluan konektatuz gero, tentsioa ez da hain altua izango,  $U_L = U_f$ , baina korrantea handitu egingo zaigu.

Guk, praktika honetan burutuko ditugun saiakuntzetarako, motorea triangeluan konektatuko dugu, egoera horretan tentsio izendatua 220V baitugu, eta laborategian ez dugulako tentsio altuagoa erabiltzeko aukerarik.

### 2.3 Abiadurak eta irristaketa

Estatorean korrante alternoa aplikatzean, eremu magnetiko birakaria sortuko da, lehen aipatu bezala. Horren abiadura hurrengo izango dugu,  $p$  motorraren



polo pare kopurua dugula kontuan izanik -gure kasuan - :

$$n_1 = \frac{120 \cdot f_1}{2 \cdot p} = \frac{60 \cdot f_1}{p}$$

Korronte alternoko makina asinkronoen ezaugarri garrantzitsua dugu errotoreak sinkronismo-abiaduraz inoiz ez duela biratzen. Beren erabilera edozein izanda ere, inoiz ez da sinkronismora helduko, horixe du bereizgarri.

Hori dela eta, irristaketa ezaugarria izango dugu beti, eremu magnetikoaren abiadura,  $n_1$ , eta errotorearen abiaduraren,  $n$ , arteko desfase erlatiboa:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

## 2.4 Motorearen zirkuitu baliokidea

Motore asinkronoaren zirkuitu baliokidea bilatzean, transformadorearekin gertatu bezala, kalkuluak erraztea eta arintzea dugu helburua. Horretarako, lortutakoak emaitza fidagarriak izateko, ezinbestekoa dugu makinan gertatutako fenomeno fisiko guztien eredu baliokideak erabiltzea. Sinplifikazio horretarako bidea elementu elektrikoak ez direnak elektriko bihurtzea izango dugu, bukaeran zirkuitu elektriko soil batekin lan egiteko.

Transformadorea behin eta berriz aipatu dugu aurreko azalpenetan, izan ere, bi makina hauek oso antzekoak ditugu. Estatorea transformadorearen harilketan primarioaren parean jarri genezake nahi izanez gero, eta errotorea sekundarioarekin batera, honela ereduaren arteko erlazioa erraz ikusteko. Baliokidetza horiek buruan ditugula, eta kasu honetan ere murrizketak egin ditzakegula aipatuz gero, ez da zaila bi izango ditugula suposatzea: primarioa murrizketa, estatorera alegia, alde batetik eta sekundarioa murrizketa bestetik, errotorera. Parametroen definizio ekuazioak aldatuko dira noski, baita kargarena ere, baina azken finean zirkuitu bera izango dugu. Kargaren efektua  $R_k$  erresistentzia aldakor batek ordezkatu du.

Errotorearen erresistentziak irristadurarekiko menpekotasunik ez duela aipatu beharra dago:

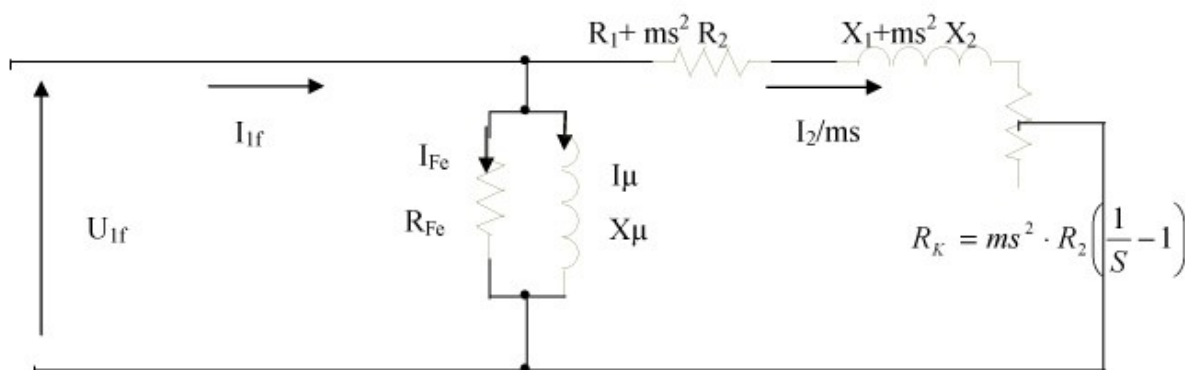
$$X_2 = \omega \cdot L_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot L_2 = 2 \cdot \pi \cdot S \cdot f_1 \cdot L_2 \quad f_2 = S \cdot f_1$$



$$I_2 = \frac{S \cdot E_2}{\sqrt{R_2^2 + (S \cdot X_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{S}\right)^2 + X_2^2}}$$



Hona hemen motor asinkronoaren zirkuitu baliokide hurbildua errotoera estatorera murriztuta.



Zirkuitu hau fase bakarrari dagokiola aipatu beharra dago. Bat baino ez dugu aztertuko hiruren fabrikazioa berdina dela suposatzen baitugu eta balio osoak jakiteko biderketa egitearekin nahikoa izango dugulako. Xurgatutako potentzia zenbatekoa den jakiteko, esaterako, fase bakarrak xurgatutakoa kalkulatu eta hiru aldiz biderkatuko dugu, behin fase bakoitzeko.

#### 2.4.1 Estatorearen erresistentziaren neurketa

Estatorearen faseko erresistentziaren,  $R_1$ , neurketa polimetroa erabiliz egingo dugu.

#### 2.4.2 Hutseko saiakuntza

Hutseko saiakuntzan hiru hurbilketa ezberdin egiteko aukera dugu, beharreko zehaztasunaren arabera. Hurbilketa bakoitzak zirkuitu baliokide ezberdina aurkeztuko digu.

### A) Burdin galerak bakarrik kontuan izanda

Zirkuitu baliokide hau errotorearen parametroak estatoreira murriztuta ditugula aztertuko ditugu, eta  $P_{Fe}$  bakarrik kontuan hartuta. Egoera honetan, motoreak xurgatutako potentzia, burdinean emandako galeren berdina izango dugu:

$$P_0 = P_{1Fe} = \sqrt{3} \cdot U_{101} \cdot I_{101} \cdot \cos \varphi_0$$

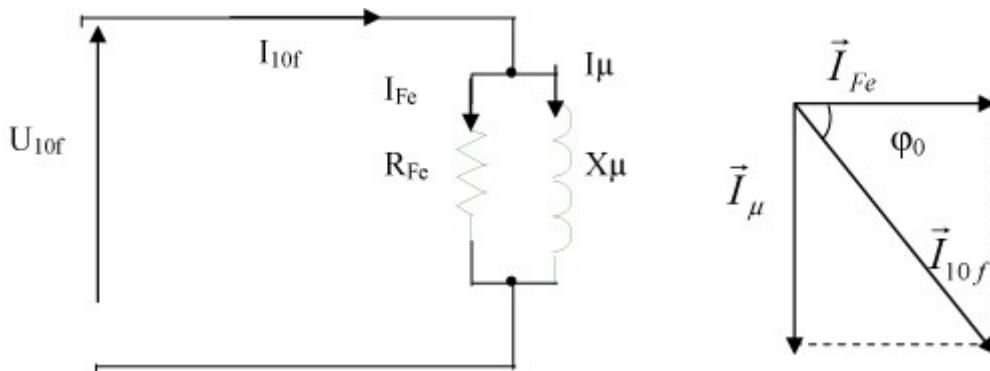
Zirkuitu magnetikoaren magnetizazio korronea eta burdin galerak eragiten dituen korrontearen balioak  $\varphi_0$  angeluan oinarrituta lortu ditzakegu:

$$I_{Fe} = I_{10f} \cdot \cos \varphi_0 \quad I_{\mu} = I_{10f} \cdot \sin \varphi_0$$

Behin korronteak izanda, eta Ohm-en legea oinarritzat hartuz,  $R_{Fe}$  eta  $X_{\mu}$  parametroen balioak kalkulatu ahal ditugu:

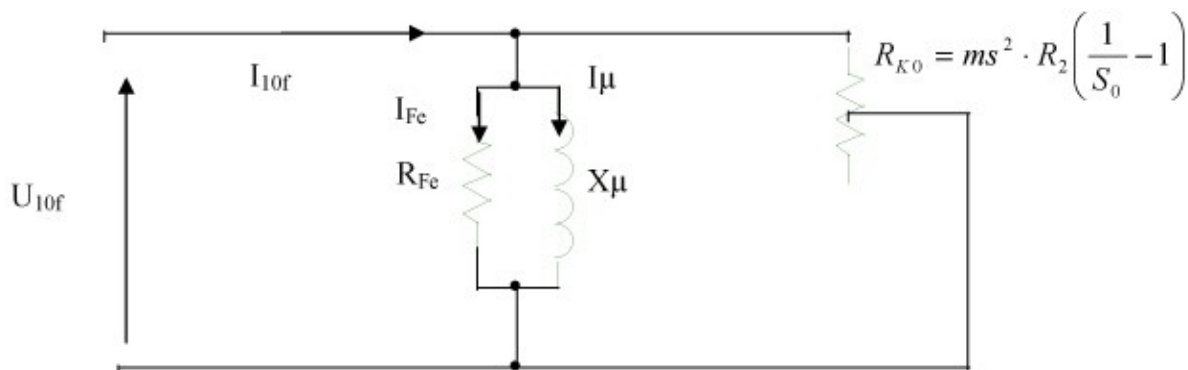
$$R_{Fe} = \frac{U_{10f}}{I_{Fe}} \quad X_{\mu} = \frac{U_{10f}}{I_{\mu}}$$

Burututako aldagetak zuzenak direla egiaztatzeko:  $P_0 = P_{1Fe} = 3 \cdot R_{Fe} \cdot I_{Fe}^2$





### B) Burdin galerak eta marruskadura galerak kontuan izanda



Aurreko kasuan bezala, errotorea estatorera murriztuta egingo dugu azterketa hau, baina oraingoan galera mekanikoez,  $P_{Fe}$ , gain marruskadura galerak mekanikoak izango ditugu kontuan,  $P_m$ .

Motoreak aurreko bi galeren baturaren berdina den potentzia xurgatuko du:

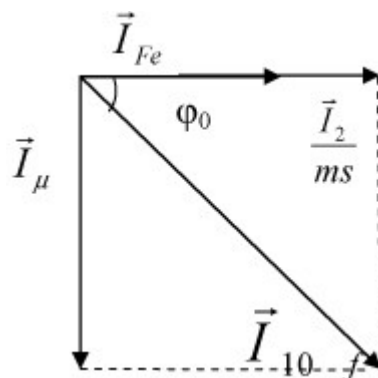
$$P_0 = P_{Fe} + P_m = 3 \cdot U_{10f} \cdot I_{10f} \cdot \cos \varphi_0 \qquad P_m = 3 \cdot R_{K0} \cdot \left( \frac{I_2}{m} \cdot s \right)^2$$

Korronte eta parametroen balioen kalkulua:

$$I_\mu = I_{10f} \cdot \sin \varphi_0 \qquad I_{Fe} + \frac{I_2}{m \cdot s} = I_{10f} \cdot \cos \varphi_0 \qquad I_{Fe} = I_{10f} \cdot \cos \varphi_0 - \left( \frac{I_2}{m \cdot s} \right)$$

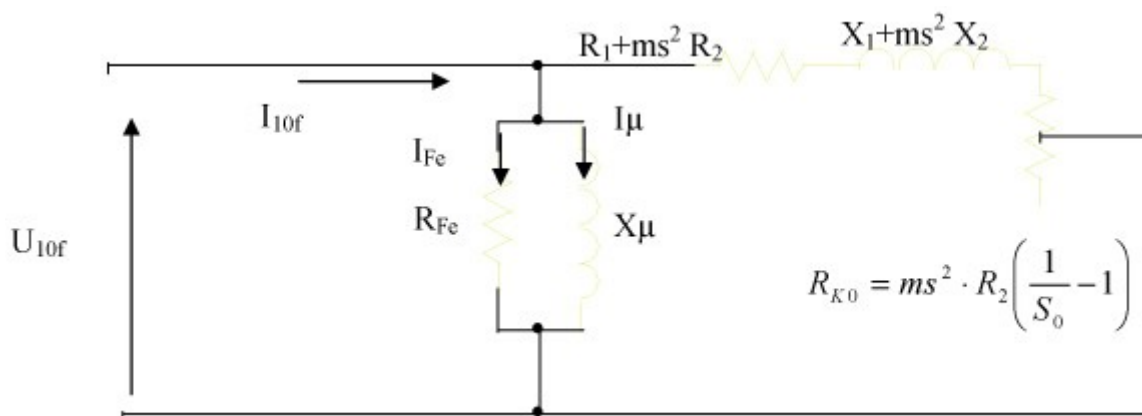
$$X_\mu = \frac{U_{10f}}{I_\mu} \qquad \frac{I_2}{m \cdot s} = \frac{U_{10f}}{m \cdot s^2 \cdot R_2 \cdot \left( \frac{1 - S_0}{S_0} \right)} \qquad R_{Fe} = \frac{U_{10f}}{I_{Fe}}$$

Egiaztapena:  $P_0 = P_{Fe} + P_m = 3 \cdot R_{Fe} \cdot I_{Fe}^2 + P_m$



### D) Burdin, marruskadura eta kobreaken galerak kontuan izanda

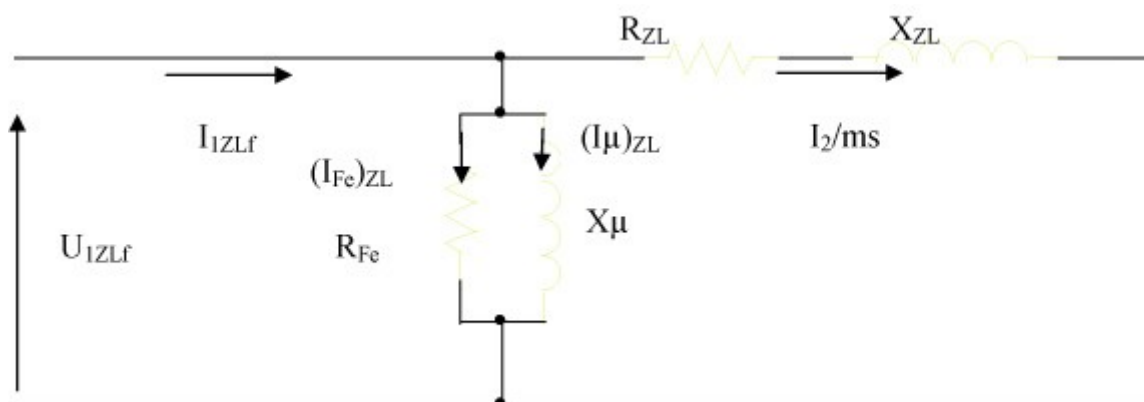
Errotorearen parametroak estatorera murriztuta mantenduko ditugu, baina oraingoan burdin galerak,  $P_{Fe}$ , marruskadura mekanikoak sorturiko galerak,  $P_m$ , eta kobreaken galerak,  $P_{cu}$ , hartuko ditugu kontuan.



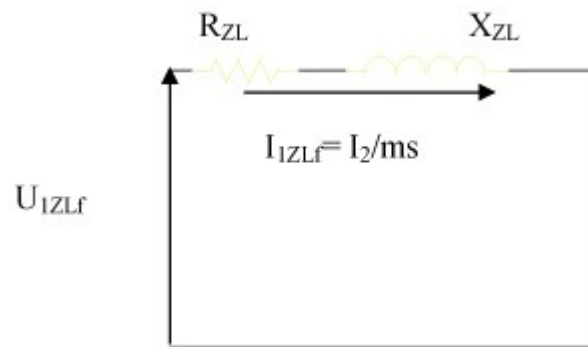
Xurgatutako potentzia: 
$$P_0 = P_{Fe} + P_m + P_{cu} = 3 \cdot U_{10f} \cdot I_{Fe} + 3 \cdot \left( R_1 + \frac{m \cdot s^2 \cdot R_2}{S_0} \right) \cdot \left( \frac{I_2}{m \cdot s} \right)^2$$

#### 2.4.3 Errotore blokeatuko saiakuntza

Nahiz eta elikatuta egon  $n=0$  dugunean, hau da,  $S=1$  eta  $R_k$ , errotorea blokeatuta dagoela diogu, edo zirkuitulaburreko saiakuntza dugula.



Egoera horretan paralelo adarreko inpedantziak oso handiak izango dira seriekoekin aldaratuz. Hori dela eta, paraleloko adarra mesprezatu egingo dugu, korrante handiena seriean joango baita. Aurrekoa zirkuitu baliokidea litzateke, eta honako hau baliokide hurbildua:



Hauek lirateke xurgatutako potentzia eta parametroen balioak aurreko zirkuituari begira:

$$P_{ZL} = m_1 \cdot U_{1ZLf} \cdot I_{1ZLf} \cdot \cos \varphi_{ZL}$$

$$R_{ZL} = R_1 + R_2' = \frac{U_{1ZLf}}{I_n} \cdot \cos \varphi_{ZL}$$

$$X_{ZL} = X_1 + X_2' = \frac{U_{1ZLf}}{I_n} \cdot \sin \varphi_{ZL}$$

### 3. PROZEDURAREN LABURPENA

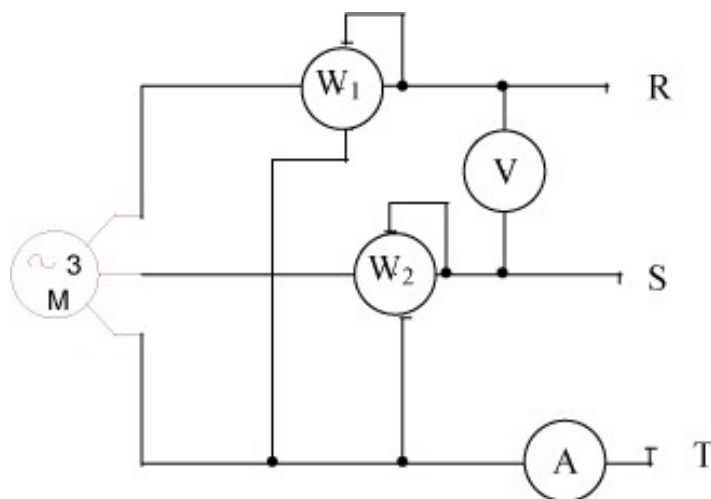
#### 3.1 Hutseko saiakuntza

Lehenengo saiakuntza hau burutzeko, motorearen errotoreari ez dugu ezer lotuko, eta estatorea tentsio izendatuarekin elikatuko dugu gehienez, ezaugarri xaflan agertzen diren balioak eta konexio modua -gure kasuan triangeluan- kontuan hartuta. 0V-tik hasi eta tentsioaren balioak gehitzen joango gara izendatura heldu arte. Etapa bakoitzean neurketa elementu ezberdinen irakurketak hartuko ditugu.

#### 3.2 Errotore blokeatuko saiakuntza

Ezaugarri xaflan begiratuko dugu motorearen korrante izendatua zein den guk erabilitako konexio modurako. Motorearen errotoreari helduko diogu, blokeatzeko, eta 0v-tik tentsio aplikatzen hasiko gara korrantea izendatua izan arte. Kontu handiz ibili beharko dugu, tentsio oso baxuarekin lortuko baitugu beharreko intentsitatea, eta gehiegi izanez gero motore erretzeko arriskua dagoelako. Korrante izendatura heldutakoan, neurketa tresnen irakurketak hartuko ditugu eta errotorea askatuko dugu anperometroan xurgatutako intentsitateak zer egiten duen ikusteko.

Saiakuntza bietan muntaia bera izango dugu:



## 4. ERABILITAKO TRESNAK ETA ELEMENTUAK

### Motore asinkrono trifasikoa:

<b>Tentsioa</b>	230 / 400	V
<b>Korrontea</b>	2.27 / 1.36	A
<b>Potentzia</b>	400	W
<b>Konex.</b>	Trian. / Izar.	
<b>cosφ</b>	0,76	A
<b>n</b>	1420	
<b>Frekuentzia</b>	50	Hz

**Amperemetroa:**  $K_A$  -ren balioa saiakuntza bietarako:  $\frac{5}{5}=1$  .

**Voltmetroa:**  $K_V$  -ren balioa hutseko saiakuntzarako:  $\frac{300}{300}=1$  .

$K_V$  -ren balioa errore blokeatuko saiakuntzarako:  $\frac{150}{150}=1$  .

### Wattmetroak:

$K_{W1}$  eta  $K_{W2}$  -ren balioa hutseko saiakuntzarako:  $\frac{300 \cdot 5}{125} \cdot 0'4 = 4'8$  .

$K_{W1}$  -ren balioa errore blokeatuko saiakuntzarako:  $\frac{300 \cdot 5}{750} = 2$  .

$K_{W2}$  -ren balioa errore blokeatuko saiakuntzarako:  $\frac{300 \cdot 5}{125} \cdot 0'4 = 4'8$  .

### Polimetroa.

### Tentsio sorgailua



### 5. EMAITZAK ETA KONKLUSIOA

Hutseko saiakuntzan hartutako neurketak:

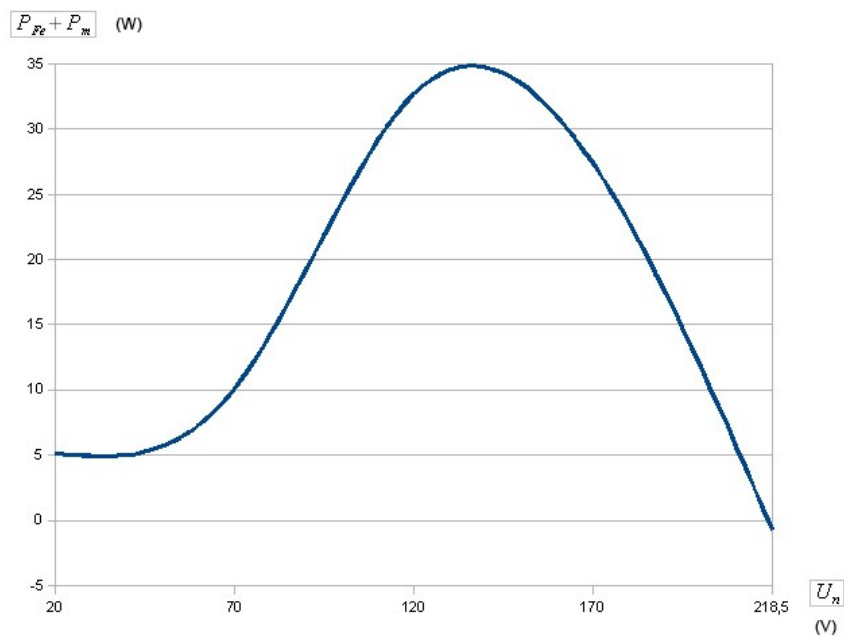
Anperemetroa			Wattmetroa1			Wattmetroa2			Voltmetroa		
Irak.	$K_A$	Balioa	Irak.	$K_{W1}$	Balioa	Irak.	$K_{W2}$	Balioa	Irak.	$K_A$	Balioa
0'1	1	0'1	2	4'8	9'6	0	4'8	0	20	1	20
0,15	1	0,15	4'5	4'8	21'6	-1	4'8	-4'8	70	1	70
0,45	1	0,45	12	4'8	57'6	-1	4'8	-4'8	120	1	120
1	1	1	16	4'8	76'8	-1	4'8	-4'8	170	1	170
1'575	1	1'575	16	4'8	76'8	-1'5	4'8	-7'2	218'5	1	218'5

$$P_0 = W_1 + W_2 = P_{Fe} + P_m + P_{1cu} + P_{2cu} = P_{Fe} + P_m + P_{1cu} \quad \text{Hutsean, } P_{2cu} = 0$$

$$P_{1cu} = 3 \cdot R_{1f} \cdot I_{10f} \quad P_{Fe} + P_m = P_0 - 3 \cdot R_{1f} \cdot I_{10f}$$

Tentsio izendatua eta  $P_{Fe} + P_m$  erlazionatzen dituen dituen grafikoa irudikatzeko, polimetroaren bitartez lortutako estatorearen erresistentziaren balioa eta lerro hauen gainean dauden ekuazioak erabiliko ditugu:

$U_n$	20	70	120	170	218'5
$P_{Fe} + P_m$	5'13	10'095	32'685	27'3	-0'8025



A) eta B) puntuetan azaldutako hurbilketak erabiliz, eta saiakuntzetan lortutako emaitzekin, motor asinkronoaren hutseko zirkuitu baliokidea bilatuko dugu:

Burdin galerak soilik kontuan izanda:

$$69'6 = 3 \cdot 218'5 \cdot 1'575 \cdot \cos \varphi \quad \cos \varphi = 0'06 \quad \sin \varphi = 0,997$$

$$I_{Fe} = I_{10f} \cdot \cos \varphi = 0'0945 \text{ A} \quad I_{\mu} = I_{10f} \cdot \sin \varphi = 1'570275 \text{ A}$$

$$R_{Fe} = \frac{U_{10f}}{I_{Fe}} = 2312,169 \Omega \quad X_{\mu} = \frac{U_{10f}}{I_{\mu}} = 140,1028 \Omega$$

$$\text{Egiaztapena: } P_0 = 3 \cdot 2312,169 \cdot 0'0945^2 = 61'944 \text{ W}$$

Burdin galerak eta marruskadura mekanikoa kontuan izanda:

$$69'6 = 3 \cdot 218'5 \cdot 1'575 \cdot \cos \varphi \quad \cos \varphi = 0'06$$

$$I_{\mu} = I_{10f} \cdot \sin \varphi = 1'570275 \text{ A}$$

$$X_{\mu} = \frac{U_{10f}}{I_{\mu}} = 140,1028 \Omega \quad I_{Fe} = I_{10f} \cdot \cos \varphi - \left( \frac{I_2}{m \cdot s} \right)$$

Zirkuitulaburreko saiakuntzan hartutako neurketak:

Amperemetroa			Wattmetroa1			Wattmetroa2			Voltmetroa		
Irak.	$K_A$	Balioa	Irak.	$K_{W1}$	Balioa	Irak.	$K_{W2}$	Balioa	Irak.	$K_V$	Balioa
2'25	1	2'25	40	2	80	1'5	4'8	7,2	47	1	47

Aurreko taulako datuak eta estatorearen erresistentziaren balioa izanda, motor asinkronoaren zirkuitulaburreko zirkuitu baliokidea egin dezakegu:

$$\cos \varphi_{ZL} = \frac{P_{ZL}}{3 \cdot U_{1ZL} \cdot I_n} = \frac{87'2}{3 \cdot 47 \cdot 2'25} = 0,274862 \quad \sin \varphi_{ZL} = 0'96148$$



$$R_{ZL} = \left( \frac{U_{1ZL}}{I_n} \right) \cdot \cos \varphi_{ZL} = 170'995 \Omega$$

$$X_{ZL} = \left( \frac{U_{1ZL}}{I_n} \right) \cdot \sin \varphi_{ZL} = 48'883 \Omega$$

Motorearen errotorea askatu eta berehala, korronteak beheraka egin du zeharo. Errotorea blokeatuta egotean motorea ahalik eta korronte handiena xurgatzen zegoen berau biraarazteko. Energia hori guk jasotzen genuen, errotoreari heltzean. Behin askatuta, motoreak ez du hainbesterako energia behar birarazteko, eta korronte txikiagoa xurgatu du.





## LIZENTZIA ETA AITORPENAK



Txosten hau eta bertan agertzen den informazioa **kopiatu**, **banatu** eta jendaurrean **hedatzeko baimena** duzu, baita **lan eratorriak** egiteko ere.

Betiere lanaen **kredituak aitortuz gero** eta **lan eratorriak** egitekotan **baimen berbera edo librea** den beste edozein erabiliz. Lizentzia libreen zerrenda bat FSF elkartearen web gunean aurkitu daiteke.

Txosten osoan zehar agertzen diren irudiak **lizentzia honetatik at** geratzen dira, ez baitira nireak. **Bilboko IITUE**-ko Industria Elektronika berezitasuneko **“Makina Elektrikoak”** ikasgaiaren erabilitako praktiken txostenetik hartuak izan dira. Txosten berean oinarritu dut esku artean duzun lana.

Lizentziari buruzko informazio zehatzagoa nahi izatekotan, jo ezazu hurrengo helbidera:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/deed.eu>



<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/deed.eu>